

# Simulación de la formación de plasma en el mecanizado por electroerosión

Miguel Villagómez Galindo<sup>1</sup>, Hernán Alberto González Rojas<sup>2</sup>.

**Resumen**—El proceso de mecanizado por electroerosión es una técnica de manufactura no convencional caracterizada por descargas eléctricas controladas que liberan tal cantidad de energía que es capaz de transformar en plasma el dieléctrico circundante al material conductor a mecanizar, con la consecuente sublimación del mismo, lo que provoca la remoción de material. En este trabajo se presenta la simulación de la formación de plasma debido a una sucesión de descargas eléctricas durante el proceso de electro erosión..

**Palabras clave**— Análisis por elemento finito, Descargas eléctricas, Mecanizado por electroerosión, Plasma.

## Introducción

El mecanizado mediante electroerosión es un proceso de remoción de material termoeléctrico en el cual se provoca la erosión o el desprendimiento de material con la generación controlada de una chispa eléctrica. Es uno de los procesos de maquinado no tradicionales que más desarrollo y atención han tenido por parte de la industria manufacturera. Hoy en día el procedimiento EDM es usado en la producción de cavidades de matrices para la manufactura de componentes automotores, aeroespaciales y quirúrgicos, cortes y conformado de formas complejas con materiales duros (Kumar 2008).

Puesto que no hay contacto mecánico entre la herramienta y el material de trabajo, componentes delgados y frágiles pueden mecanizarse sin riesgo de daño. El proceso EDM se ha convertido en un método casi imprescindible en la industria debido a su capacidad de mecanizar cualquier material eléctricamente conductor independientemente de su resistencia mecánica o de su dureza (Tao 2008).

## Descripción del Método

Para realizar la simulación de formación de plasma se consideró el método de electroerosión en seco, es decir que se utilizó como dieléctrico argón, una pieza de trabajo de un material intermetálico de base FeAl con 0.0375m de ancho y 0.025m de altura y un electrodo de tungsteno de 1.8 e-3m de diámetro. Se utilizó el software comercial COMSOL Multiphysics.

En la formación de plasma se presenta un proceso de difusión (Lieberman y Lichtenberg 2005), en el cual los electrones son transportados de ánodo al cátodo y en el que la convección de los electrones debido al movimiento del fluido se ha despreciado. En términos generales las ecuaciones que describen el fenómeno son:

$$\frac{\partial}{\partial t}(n_e) + \nabla \cdot [-n_e(\mu_e \cdot \mathbf{E}) - \mathbf{D}_e \cdot \nabla n_e] = R_e$$
$$\frac{\partial}{\partial t}(n_e) + \nabla \cdot [-n_e(\mu_e \cdot \mathbf{E}) - \mathbf{D}_e \cdot \nabla n_e] + \mathbf{E} \cdot \Gamma_e = R_e$$

Donde

$$\Gamma_e = -(\mu_e \cdot \mathbf{E})n_e - \mathbf{D}_e \cdot \nabla n_e$$

La fuente de electrones  $R_e$  para descargas con corriente continua está dada por:

<sup>1</sup> El M.C. Miguel Villagómez Galindo es Profesor en la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, Michoacán, México y Estudiante de Doctorado en la Universidad Politécnica de Cataluña. [miguel.villagomez.galindo@gmail.com](mailto:miguel.villagomez.galindo@gmail.com) (autor corresponsal).

<sup>2</sup> El Dr. Hernán Alberto González Rojas es Profesor en la Universidad Politécnica de Cataluña, en Vilanova i La Geltrú, Barcelona, España. [hernan.gonzalez@upc.edu](mailto:hernan.gonzalez@upc.edu)

$$R_e = \sum_{j=1}^M x_j \alpha_j N_n |\Gamma_e|$$

La pérdida de energía debido a las colisiones inelásticas  $R_e$  está dada por:

$$R_e = \sum_{j=1}^P x_j k_j N_n n_e \Delta \epsilon_j$$

Y las tasas de los coeficientes se pueden obtener de la siguiente integral:

$$k_k = \gamma \int_0^{\infty} \epsilon \sigma_k(\epsilon) f(\epsilon) d\epsilon$$

La difusividad de los electrones, la movilidad de energía y la difusividad de energía se obtienen de la movilidad de los electrones.

$$D_e = \mu_e T_e, \mu_\epsilon = \left(\frac{5}{3}\right) \mu_e, D_\epsilon = \mu_\epsilon T_e$$

El campo electrostático se obtiene mediante:

$$-\nabla \cdot \epsilon_0 \epsilon_r \nabla V = \rho$$

Y la densidad de la carga se calcula mediante:

$$\rho = q \left( \sum_{k=1}^N Z_k n_k - n_e \right)$$

La simulación se llevó a cabo en un espacio bidimensional con simetría longitudinal, Como se muestra en la figura 1.

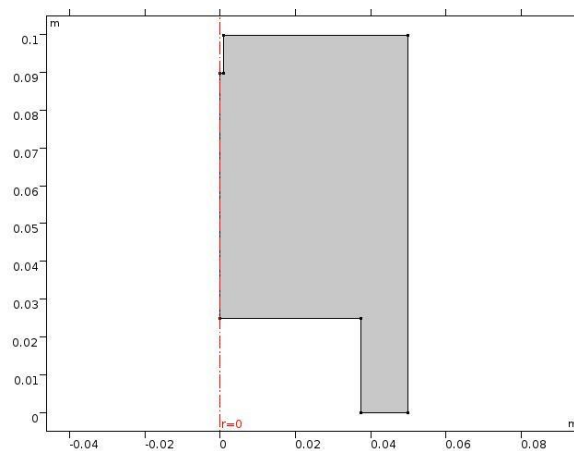


Figura 1. Geometría del dieléctrico, la pieza de trabajo y el electrodo en el proceso de electro erosión en seco.

Posteriormente se generó una malla de elementos finitos que consistió de elementos triangulares que representan en total 11598 grados de libertad, en la figura 2 se muestra la malla antes mencionada.

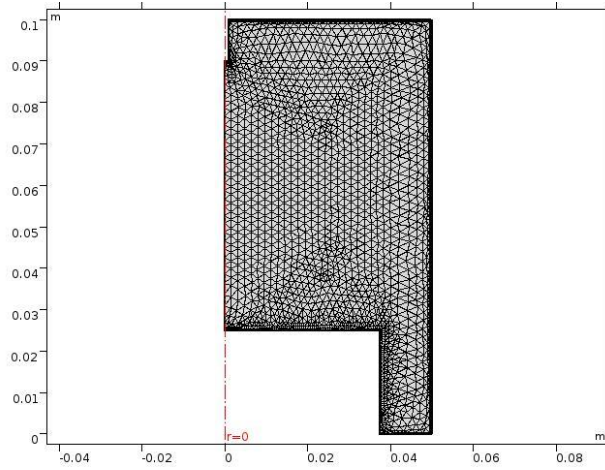


Figura 2. Imagen medica de hueso femoral.

El potencial eléctrico se muestra en la figura 3.

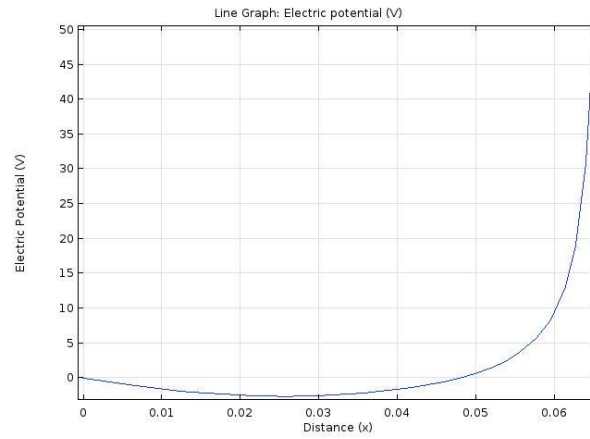


Figura 3. Gráfico del potencial eléctrico en el eje axial de la columna de plasma.

La figura 4 muestra la temperatura del electrón en la columna de plasma.

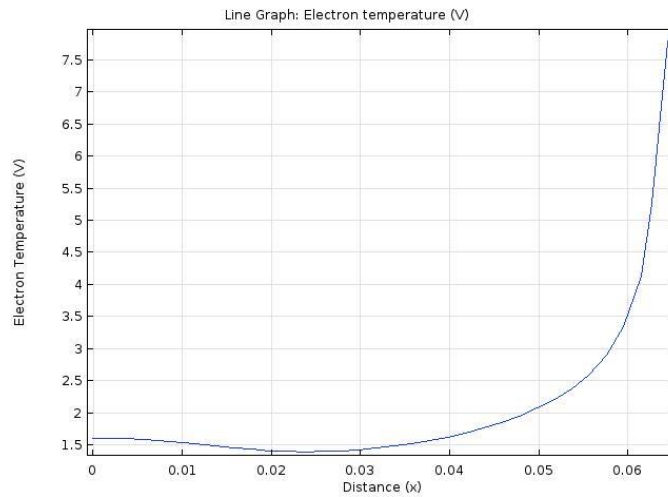


Figura 4. Gráfico de la temperatura de electrones en la columna de plasma.

Y finalmente la densidad de los electrones mostrada en la figura 5.

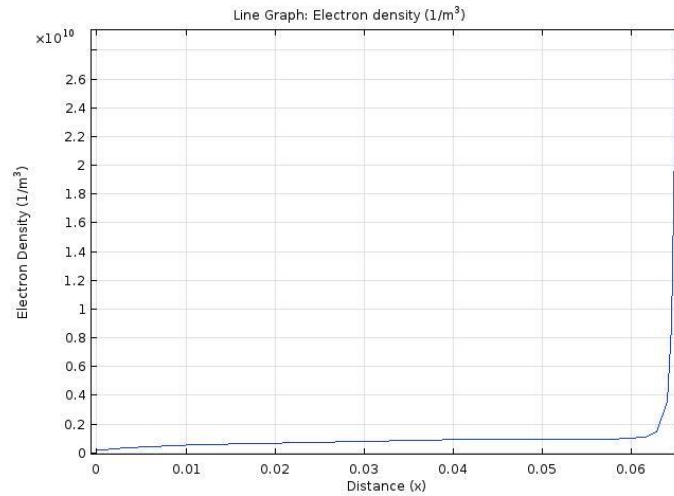


Figura 6. Densidad de los electrones en la columna de plasma.

### Conclusiones

En esta simulación fue posible determinar la densidad de los electrones, así como la temperatura y el potencial eléctrico de una columna de plasma producto del proceso de electroerosión en seco en una atmósfera de argón como dieléctrico.

### Referencias

Jin Tao, Albert J. Shih, Jun Ni, Near-Dry EDM Milling of Mirror-Like Surface Finish, International Journal of Electrical Machining, No 13, January 2008.

S. Kumar Saha, Experimental investigation of the dry electric discharge machining (dry EDM) process, Indian Institute of Technology Kanpur, 2008, (12-16).

M.A. Lieberman and A.J. Lichtenberg, Principles of Plasma Discharges and Materials Processing, John Wiley & Sons, 2005.